

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012120577/02, 18.10.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.10.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
19.10.2009 LU 91617

(43) Дата публикации заявки: 27.11.2013 Бюл. № 33

(45) Опубликовано: 10.06.2015 Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1788020 A2, 15.01.1990. SU 1177351
A, 07.09.1985. FR 2663685 A, 27.12.1991. JP
0062185810 A, 14.08.1987. JP 0054115605 A,
08.09.1979(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 21.05.2012(86) Заявка РСТ:
EP 2010/065621 (18.10.2010)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2011/048045 (28.04.2011)

Адрес для переписки:

105082, Москва, Спартаковский пер., д. 2, стр. 1,
секция 1, этаж 3, "ЕВРОМАРКПАТ"

(72) Автор(ы):

СУВОРОВ Михаил (RU),
Фабио ФАБИОЛА (IT),
Кристиано КАСТАНЬОЛА (IT),
Карло КРОЗА (IT)

(73) Патентообладатель(и):

ПОЛЬ ВУРТ С.А. (LU)

(54) ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЭНЕРГИИ ИЗ ГАЗОВ В УСТАНОВКЕ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к очистке газов в установке доменной печи. Предложен способ извлечения тепловой энергии из сжатого холодного воздушного дутья доменной печи, используемой с системой утилизационной турбины колошникового газа в виде турбодетандера (20), содержащей по меньшей мере один компрессор (12) сжатого холодного воздушного дутья, соединенный по меньшей мере с одним подогревателем (14) воздушного дутья, и при этом поток сжатого колошникового газа, выделенный доменной печью (10), проходит через устройство (24) очистки колошникового газа и подается в турбодетандер (20), сочлененный с

устройством потребления энергии (34). Из холодного дутья извлекают тепло, которое, по меньшей мере частично, передают очищенному колошниковому газу выше по потоку от турбодетандера (20). Также предлагается установка для извлечения тепловой энергии из сжатого холодного воздушного дутья газа доменной печи, которая содержит средство для извлечения тепла из сжатого холодного воздушного дутья и его, по меньшей мере частичной, передачи очищенному колошниковому газу выше по потоку от турбодетандера. Обеспечивается улучшенное извлечение тепловой энергии из сжатого



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012120577/02, 18.10.2010**(24) Effective date for property rights:
18.10.2010

Priority:

(30) Convention priority:
19.10.2009 LU 91617(43) Application published: **27.11.2013** Bull. № 33(45) Date of publication: **10.06.2015** Bull. № 16(85) Commencement of national phase: **21.05.2012**(86) PCT application:
EP 2010/065621 (18.10.2010)(87) PCT publication:
WO 2011/048045 (28.04.2011)

Mail address:

**105082, Moskva, Spartakovskij per., d. 2, str. 1,
sektcija 1, ehtazh 3, "EVROMARKPAT"**

(72) Inventor(s):

**SUVOROV Mikhail (RU),
Fabio FABIOLA (IT),
Kristiano KASTAN'OLA (IT),
Karlo KROZA (IT)**

(73) Proprietor(s):

Paul Wurth S.A. (LU)(54) **ENERGY EXTRACTION FROM GASES IN BLAST-FURNACE UNIT**

(57) Abstract:

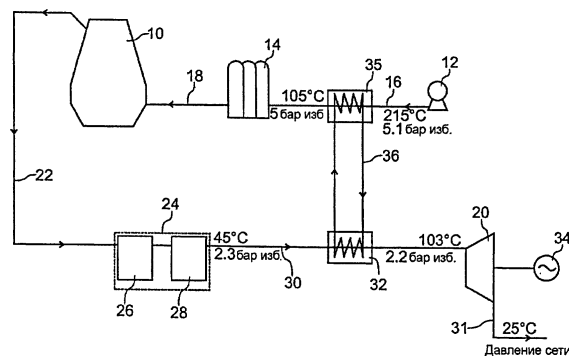
FIELD: power industry.

SUBSTANCE: invention relates to gases cleaning in the blast-furnace unit. Method is suggested for thermal power generation from compressed cold air blow of the blast-furnace used with system of waste-heat turbine of blast-furnace gas in form of the turbine expander (20), containing at least one compressor (12) of compressed cold air blow connected with at least one air blow pre-heater (14), at that flow of the compressed blast-furnace gas exhausted by the blast-furnace (10) passes through the blast-furnace gas cleaning device (24) and is supplied in the turbine expander (20) connected with power consumer (34). From the cold air blow heat is extracted, it at least partially is transferred to the cleaned blast-furnace gas upstream the turbine expander (20). Besides, installation for thermal power extraction from the compressed cold air blow of the blast furnace is suggested, it contains

device for heat extraction from the compressed cold air blow and its at least partial transfer to the cleaned blast-furnace gas upstream the turbine expander.

EFFECT: improved extraction of the thermal power from the compressed cold air blow of the blast furnace.

13 cl, 2 dwg



Фиг. 1

Данное изобретение относится к очистке газов в установке доменной печи и, более конкретно, к извлечению энергии из колошникового газа доменной печи в турбодетандере.

Как хорошо известно, газы играют фундаментальную роль в работе доменной печи. 5 Первым существенным потоком газа является воздушный поток (или «вдуваемый воздух»), который вдувается на переходе между областями заплечиков и пода доменной печи и который вступает в реакцию с шихтовым материалом (железная руда, кокс, флюс и т.д.). Перед подачей вдуваемого воздуха в фурмы доменной печи он 10 подогревается за счет прохождения через регенеративные воздухонагреватели (также известные как кауперы), которые обычно подогреваются посредством сжигания отходящего газа доменной печи. Атмосферный воздух, вpuщенный выше по потоку от каупера, образует «холодное дутье», тогда как предварительно нагретый вдуваемый воздух ниже по потоку от каупера называется «горячее дутье».

Другим основным газовым потоком в доменной печи является газ, выходящий из 15 доменной печи у колошника, известный как «колошниковый газ» или «доменный газ», который является побочным продуктом доменной печи и вырабатывается, когда железная руда восстанавливается коксом и/или другими видами топлива в рафинированное от примесей железо. Обычно колошниковый газ доменной печи используется в качестве топлива на сталелитейных заводах или в каупере, но его также 20 можно сжигать в бойлерах и электростанциях. Он также может быть соединен с природным газом или коксовым газом до его сгорания или с вспомогательной горелкой с газом с более высокой теплотворной способностью или для поддержания горения предусмотрена нефть.

Также хорошо известно, что доменные печи на протяжении десятилетий работают 25 с внутренним избыточным давлением, которое вместе с надлежащими размерами печи позволяет осуществить значительное увеличение конверсии материалов и энергии и, таким образом, объем выпуска перепельного чугуна.

Разумеется, работа при внутреннем избыточном давлении также подразумевает значительные дополнительные расходы, связанные с оборудованием и 30 функционированием. Более конкретно, требуется выработка сжатого воздуха с подходящим уровнем давления подачи в компрессоре холодного дутья (или воздухоудке) для образования холодного дутья. Также типичным для работы при избыточном давлении является то, что газ, выходящий из колошникового газа, находится под давлением, значительно выше атмосферного давления. Однако 35 колошниковый газ все еще содержит горючие компоненты, главным образом оксид углерода и, в меньшей степени, водород, и может использоваться в качестве дымового газа с низкой теплотворной способностью для производства тепловой или механической и электрической энергии.

Выходящий из доменной печи колошниковый газ также несет значительное 40 количество твердого вещества, главным образом в пылеобразной форме. Перед последующим использованием колошникового газа необходимо удалить этот твердый материал. Это обычно достигают в газоочистительной вспомогательной установке доменной печи, которая обычно содержит оборудование для первого сухого разделения с гравитационным сепаратором (пылеуловитель) и/или с осевым циклоном и устройство 45 для последующей глубокой очистки (сепаратор мокрого разделения). За счет мокрой очистки температура колошникового газа падает примерно на 100°C, насыщена водяным паром и включает в себя дополнительно текущие водяные капли.

После очистки, в дополнение к использованию тепловой энергии колошникового

газа, давно известным является извлечение пневматической энергии сжатого колошникового газа доменной печи в турбодетандере. В турбине колошниковый газ расширяется, приближаясь к атмосферному давлению, одновременно совершая механическую работу. Ротор турбины может быть сочленен, например, с электрическим генератором, с компрессором холодного дутья или с любой другой нагрузкой.

Сейчас также известно, что производительность такого турбодетандера (также называемого Top pressure recovery turbine - TRT (газовой утилизационной бескомпрессорной турбиной - ГУБТ)) может быть увеличена посредством нагрева очищенного и, таким образом, охлажденного колошникового газа непосредственно перед его входом в турбину. С этой целью предлагается осуществлять предварительный нагрев очищенного колошникового газа выше по потоку от турбины за счет сжигания расширенного колошникового газа. Альтернативно, JP 62074009 предлагает отвод теплоты из грануляции шлака и передачу этого тепла холодному очищенному газу выше по потоку от ГУБТ с помощью теплообменника.

FR 2663685 описывает способ извлечения энергии из доменного газа. Доменный газ проходит через фильтрацию пыли тонкой и/или грубой очистки, затем через турбину (восстановления давления), сочлененную с силовым генератором, и далее к газопроводу для последующего использования. Пропорция газа (3-15%, предпочтительно примерно 5%) перепускается перед турбодетандером (12), если необходимо, через компрессор, и сжигается в камере сгорания, возможно с обогащением посредством топлива высокой калорийности, например природного газа или коксового газа. Затем газообразные продукты сгорания расширяются в газовой турбине. Газовая турбина может быть сопряжена со своим собственным генератором или с генератором турбодетандера посредством муфты. Предпочтительно, температура не пропущенной через перепуск части очищенного доменного газа поднимается вверх перед впуском в утилизационную турбину за счет теплового обмена с газообразными продуктами сгорания в газовой турбине. Часть потока холодного дутья может сжигаться в газовой турбине.

Целью данного изобретения является создание другого, улучшенного способа извлечения энергии из колошникового газа в установке доменной печи с помощью ГУБТ.

Эта цель достигнута посредством способа и установки, заявленных в независимых пунктах формулы изобретения.

Данное изобретение предлагает оптимизированный способ управления потоками газа в установке доменной печи, который позволяет эксплуатировать ГУБТ с повышенной производительностью, а именно предлагается способ извлечения энергии из колошникового газа доменной печи в установке доменной печи с системой утилизационной турбины колошникового газа (турбодетандер), содержащей по меньшей мере один компрессор сжатого холодного воздушного дутья (холодного/воздушного дутья), соединенный по меньшей мере с одним подогревателем воздушного дутья, включающий направление потока сжатого колошникового газа, выделенного доменной печью, в устройство очистки колошникового газа и подачу в турбодетандер, сочлененный с устройством потребления энергии (нагрузкой). Согласно предлагаемому способу из потока сжатого холодного дутья выше по потоку от подогревателей холодного дутья (т.е. каупер или подобное) извлекают тепло, и затем это тепло передают (по меньшей мере, частично) в холодный поток очищенного колошникового газа выше по потоку от турбодетандера. Извлечение тепла из холодного дутья предпочтительно, так как оно циркулирует в трубопроводе холодного дутья по направлению к подогревателям, не потребляя такого холодного дутья для нагрева очищенного

колошникового газа.

Таким образом, температура холодного дутья может быть снижена перед регенеративными воздушнонагревателями и, одновременно, может быть увеличена температура холодного очищенного колошникового газа, что улучшает
 5 производительность как каупера, так и ГУБТ. Действительно, известно, что повышение температуры колошникового газа до ГУБТ улучшает ее производительность и помогает избежать рисков обледенения, в то время как уменьшение температуры холодного дутья до каупера улучшает производительность этого этапа предварительного нагрева. Более конкретно, более низкая температура холодного дутья увеличивает
 10 нагревательную способность каупера.

Необходимо понять, что, в то время как в установках доменных печей согласно уровню техники необходимую для предварительного нагрева очищенного колошникового газа энергию получали посредством сжигания или извлечения из
 15 внешней среды, например грануляции шлака, и извлеченное тепло из холодного дутья растрачивалось попусту, преимущество данного изобретения состоит в том, что ввод холодного дутья и очищенного колошникового газа в отношения теплообмена будет применимо для улучшенной производительности как каупера, так и турбины.

Особо существенным аспектом данного изобретения является то, что получают своего рода «саморегулирующийся» теплообмен между холодным дутьем и
 20 охлажденным, очищенным колошниковым газом. Действительно, условия потока холодного дутья выше по потоку от доменной печи оказывают воздействие на условия потока колошникового газа ниже по потоку от доменной печи (и наоборот), и из этого следует, что ввод этих двух потоков в отношения теплообмена автоматически компенсирует изменения на одной стороне или на другой.

Следует отметить, что данный процесс является более простым, чем описанный в FR 2663685 процесс, так как в настоящем процессе не затрагивается газовый поток
 25 холодного дутья, за исключением уменьшения нагрева и, прежде всего, не отбирается частично для сжигания с колошниковым газом в газовой турбине.

По существу, данный способ предлагает более простой и эффективный путь
 30 предварительного нагрева очищенного колошникового газа до ГУБТ, что приносит пользу в экономическом плане для всей установки.

Данное изобретение также относится к установке для извлечения энергии из колошникового газа доменной печи, содержащей:

- по меньшей мере один компрессор холодного дутья,
- 35 - по меньшей мере один подогреватель воздушного дутья для нагрева сжатого холодного дутья, полученного по меньшей мере в одном компрессоре холодного дутья, и подачи его после нагрева в доменную печь,
- устройство очистки колошникового газа, выпущенного из доменной печи,
- турбодетандер, имеющий выходной вал, сочлененный с устройством потребления
 40 энергии и расположенный ниже по потоку от устройства очистки колошникового газа,
- подогревающее устройство очищенного колошникового газа, расположенное между устройством очистки колошникового газа и турбодетандером,
- отличающейся тем, что она содержит средство для извлечения тепла из сжатого холодного воздушного дутья и его, по меньшей мере частичной, передачи очищенному
 45 колошниковому газу в подогревающем устройстве.

Предпочтительные варианты осуществления данного способа и установки доменной печи изложены в соответствующих зависимых пунктах формулы изобретения.

Следует отметить, что для извлечения тепла из сжатого холодного дутья и его, по

меньшей мере частичной, передачи в очищенный колошниковый газ может быть использована любая подходящая технология. В этой связи можно использовать любой подходящий тип теплообменника в сочетании с контуром теплоносителя. Возможным типом системы теплообмена является так называемая «тепловая трубка» (прямого или кольцевого типа), где участок испарения расположен на стороне холодного дутья, а участок конденсации - на стороне очищенного колошникового газа.

Данное изобретение будет описано с помощью примера со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых показано:

Фиг. 1 - принципиальная схема первого варианта осуществления установки доменной печи с системой извлечения энергии газа,

Фиг. 2 - принципиальная схема альтернативного варианта осуществления установки доменной печи с системой извлечения энергии газа.

Первый вариант осуществления представляемой установки доменной печи схематично изображен на фиг. 1 (представлено только оборудование для очистки/

кондиционирования воздуха). Ссылочная позиция 10 обозначает доменную печь, к которой подается поток горячего дутья из системы воздушного дутья, содержащей воздухоудувку 12 (или компрессор) и устройство предварительного нагрева, содержащее комплект из трех регенеративных воздухонагревателей 14, как является обычным в уровне техники. Воздуходувка 12 сжимает воздух и образует поток холодного дутья, который течет через трубопровод 16 холодного дутья к регенеративным воздухонагревателям 14. Поток холодного дутья нагревается в регенеративных воздухонагревателях до температур в порядке от 900°C до 1300°C и через трубопровод 18 горячего дутья течет к фурмам (не показаны), где поток горячего дутья впрыскивается в доменную печь 10.

Вышедший из доменной печи 10 колошниковый газ, по меньшей мере частично, направляется в турбодетандер (утилизационную турбину) 20 колошникового газа для извлечения из него пневматической энергии. Ссылочная позиция 22 обозначает трубопровод отходящего газа, который отводит колошниковый газ к устройству (вспомогательной установке) 24 очистки колошникового газа. Устройство 24 очистки колошникового газа может содержать пневматический сепаратор 26, последовательно соединенный с сепаратором 28 мокрого разделения. В устройстве 24 может быть реализован любой тип технологии очистки.

Очищенный поток колошникового газа подается через трубопровод 30 на турбодетандер 20 посредством подогревающего устройства 32 с целью подогрева потока колошникового газа, который охлажден вследствие процесса очистки в устройстве 24. В турбодетандере 20 очищенный колошниковый газ расширяется со снижением давления и температуры и передает механическую работу на нагрузку 34 (здесь изображена в виде генератора), соединенную с выходным валом турбодетандера. Расширенный колошниковый газ ниже по потоку от турбодетандера 20 через выпускной трубопровод 31 может быть возвращен в сеть очищенного газа или транспортироваться на предприятия пользователя/потребителя, такие как, например, электростанция.

Становится понятным, что данная установка доменной печи содержит средства для извлечения тепла из сжатого холодного дутья и его передачи, по меньшей мере частично, в очищенный колошниковый газ в подогревающем устройстве 32. Предпочтительно, это достигается посредством установленного на трубопроводе 16 холодного дутья теплообменника 35 (теплообменник холодного дутья), транспортирующего сжатый холодный воздух к регенеративным воздухонагревателям 14. В теплообменнике 35 холодное дутье водят в теплообмен (но без смешивания) с теплоносителем из контура

теплообмена, обозначенным ссылочной позицией 36. Предпочтительно, контур теплообмена содержит насосную систему (не показана), которая направляет теплоноситель из теплообменника 35 к подогревающему устройству 32, где извлеченное тепло, по меньшей мере частично, передается очищенному колошниковому газу.

5 Извлечение тепла из холодного дутья для его передачи в очищенный колошниковый газ обеспечивает очень предпочтительный способ подогрева очищенного газа перед его расширением в системе ГУБТ. Это также увеличивает производительность как регенеративных воздухонагревателей 14, так и турбодетандера 20. По сравнению с известными способами, в которых тепло холодного дутья растрачивалось и подогрев
10 очищенного колошникового газа требовал использования горелок или подобного, получают «саморегулирующийся эффект». Действительно, режимы потока колошникового газа выше и ниже по потоку от доменной печи связаны, и следующий пример показывает сущность их работы.

Пример

15 Чем выше давление колошникового газа (TGP), тем выше давление горячего дутья (HBP): $HBP = TGP + dP$, где dP - это потеря давления в линии дутья, доменной печи и устройстве 24 очистки колошникового газа перед турбодетандером 20 (dP является в большей или меньшей степени постоянной величиной, зависящей от специфики доменной печи, и находится в диапазоне от 1,0 до 2,5 бар). Таким образом, чем выше TGP, тем
20 больше падение температуры колошникового газа (TGT) во время расширения в турбодетандере (ГУБТ) 20.

Подогрев очищенного колошникового газа до турбодетандера 20 представляет интерес. Если очищенный колошниковый газ не подогреет, то температура колошникового газа после турбодетандера 20 будет ниже, что приведет к риску
25 обледенения турбодетандера и снижению производства электрической энергии в генераторе 34. Однако если температура колошникового газа после турбодетандера 20 слишком высока, возникают такие проблемы, как перегрев турбодетандера 20 или сгорания уплотнений в сети чистого газа ниже по потоку от турбодетандера.

Однако посредством нагрева колошникового газа до турбодетандера с помощью
30 извлеченного из холодного дутья тепла получают предпочтительную схему подогрева, которая обеспечивает автоматический надлежащий нагрев. Если давление колошникового газа в доменной печи 10 увеличено, воздуходувка 12 вынуждена компенсировать это увеличение давления, и давление холодного дутья увеличивается с соответствующим увеличением температуры холодного дутья.

35 Одновременно увеличивается перепад давления в турбодетандере 20. Но риски обледенения и подобное предотвращены, так как повышение давления ниже по потоку от доменной печи подразумевает увеличение давления и температуры холодного дутья выше по потоку от доменной печи 10 и, таким образом, большее количество тепла для передачи из холодного дутья в очищенный колошниковый газ через контур 36
40 теплообмена.

Схожим образом, при уменьшении давления колошникового газа (например, для остановки доменной печи) температура колошникового газа перед турбодетандером 20 уменьшается, так как давление горячего дутья также падает вместе с температурой горячего дутья и для подогрева колошникового газа перед турбодетандером требуется
45 меньше тепла. Это удобно, так как меньше тепла доступно из холодного дутья, давление которого также уменьшилось.

В целях иллюстративности, на фиг. 1 были записаны значения температуры и давления в разных местах контура очистки газа доменной печи 10. Эти значения были рассчитаны.

Как можно видеть, воздуходувка направляет сжатый воздух в трубопровод 16 холодного дутья при температуре 215°C и давлении 5,1 бар изб. (избыточного давления). После прохождения через теплоподводящую сторону теплообменника 35 температура холодного дутья составляет 105°C и давление 5 бар изб.

5 После очистки температура колошникового газа падает до 45°C при значении давления 2,3 бар изб. Затем он протекает через теплоподводящий контур подогревающего устройства (подогревателя) 32, где температура повышается до 103°C при давлении 2,2 бар изб. Затем подогретый поток горячего газа поступает на турбодетандер 20 и выходит из нее при температуре 25°C и давлении сети.

10 Передача тепла из холодного дутья в колошниковый газ осуществляется с помощью контура 36 теплообмена, который находится в гидравлическом соединении с теплоотводящей стороной теплообменника 35 и теплоподводящей стороной подогревающего устройства 32. Следует отметить, что в данном примере температура выходящего из теплообменника 35 теплоносителя составляет 170°C. После
15 подогревающего устройства 32 теплоноситель отдает существенную часть тепла колошниковому газу и имеет температуру 75°C.

Как видно из данного примера, эта схема работы является достаточной для подогрева колошникового газа до ГУБТ посредством повышения его производительности и на
уровне, который позволяет избежать риски обледенения и перегрева. Другими словами,
20 саморегулирующийся эффект не только позволяет осуществить нагрев колошникового газа перед ГУБТ, но обеспечивают надежную и соответствующую работу системы ГУБТ внутри установки доменной печи, а также для пользователей ниже по потоку от ГУБТ.

Однако, как показано на фиг. 1, отведенное из холодного дутья тепло может быть
25 достаточным при обычных условиях эксплуатации, но может появиться желание подать дополнительное тепло в очищенный колошниковый газ выше по потоку от турбодетандера 20. На фиг. 2 изображены два альтернативных или дополнительных способа обеспечения этого, где одни и те же ссылочные позиции обозначают одни и те же компоненты установки доменной печи.

30 Во-первых, дополнительное тепло может обеспечиваться с помощью горелки или подобного устройства, обозначенного ссылочной позицией 40, установленного в контуре теплообмена на потоке теплоносителя от теплообменника 35 к подогревающему устройству 32. Кроме того, подогреватель 42 может быть установлен на трубопроводе 30 очищенного газа между подогревающим устройством и турбодетандером 20. Для
35 дополнительных нагревателей 40 и 42 могут быть использованы любые типы технологий, такие как, например, соединенные с теплообменниками горелки.

Следует отметить, что вышеприведенное описание сделано в показательных целях. Термин «теплообменник» здесь включает в себя любой подходящий тип устройства, в котором газ/воздух могут быть внесены в отношения теплообмена с другим газом или
40 текучей средой, но без смешивания друг с другом. Может быть использована любая технология, совместимая с использованием доменной печи. Прежде всего, для передачи тепла из холодного дутья колошниковому газу могут быть использованы тепловые трубки, при этом участок конденсации был бы расположен в подогревающем устройстве 32, а участок испарения - на стороне холодного дутья. Также, для турбодетандера 20,
45 дополнительного устройства 24 очистки колошникового газа, регенеративных воздухонагревателей 14 или контура 36 теплоносителя не требуется подробного описания, так как тип оборудования и его использование известны специалистам.

Формула изобретения

1. Способ извлечения тепловой энергии из сжатого холодного воздушного дутья доменной печи, используемой с системой утилизационной турбины колошникового газа в виде турбодетандера (20), содержащей по меньшей мере один компрессор (12) сжатого холодного воздушного дутья, соединенный по меньшей мере с одним регенеративным воздухоподогревателем (14) воздушного дутья, включающий направление потока сжатого колошникового газа доменной печи (10) в устройство (24) для очистки колошникового газа и подачу в турбодетандер (20), сочлененный с устройством потребления тепловой энергии (34), отличающийся тем, что из сжатого холодного воздушного дутья извлекают тепло, которое, по меньшей мере частично, передают очищенному колошниковому газу выше по потоку от турбодетандера (20).

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что между устройством (24) очистки колошникового газа и турбодетандером (20) устанавливают подогревающее устройство (32), содержащее теплообменник, имеющий теплоотводящую сторону, пересекаемую очищенным колошниковым газом, и теплоподводящую сторону, питаемую теплоносителем, к которому передается тепло, извлеченное из сжатого холодного воздушного дутья.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что между по меньшей мере одним компрессором (12) сжатого холодного воздушного дутья и по меньшей мере одним воздухоподогревателем (14) воздушного дутья используют теплообменник (35) холодного дутья, имеющий теплоподводящую сторону, пересекаемую сжатым холодным дутьем, и теплоотводящую сторону, через которую циркулирует теплоноситель.

4. Способ по п.2, отличающийся тем, что к теплоносителю, текущему к подогревающему устройству выше по потоку от турбодетандера, добавляют тепло.

5. Способ по п.3, отличающийся тем, что к теплоносителю, текущему к подогревающему устройству выше по потоку от турбодетандера, добавляют тепло.

6. Способ по одному из пп.1-5, отличающийся тем, что тепло добавляют также в очищенный колошниковый газ выше по потоку от турбодетандера.

7. Установка для извлечения тепловой энергии из сжатого холодного воздушного дутья доменной печи, содержащей:

по меньшей мере один компрессор (12) сжатого холодного воздушного дутья (холодного дутья),

по меньшей мере один регенеративный воздухоподогреватель (14) воздушного дутья для нагрева сжатого холодного дутья, полученного по меньшей мере в одном компрессоре (12) сжатого холодного воздушного дутья, и подачи его после нагрева в доменную печь (10),

устройство (24) очистки колошникового газа доменной печи (10),

турбодетандер (20), имеющий выходной вал, сочлененный с устройством потребления тепловой энергии (34) и расположенный ниже по потоку от устройства (24) для очистки колошникового газа,

подогревающее устройство (32) очищенного колошникового газа, расположенное между устройством (24) очистки колошникового газа и турбодетандером (20),

отличающаяся тем, что она содержит средства для извлечения тепла из сжатого холодного воздушного дутья и его, по меньшей мере частичной, передачи очищенному колошниковому газу в подогревающем устройстве (32).

8. Установка по п.7, отличающаяся тем, что подогревающее устройство (32) содержит теплообменник (35), имеющий теплоотводящую сторону, в которой очищенный

колошниковый газ подается по направлению к турбодетандеру, и теплоподводящую сторону, выполненную для приема тепла из холодного дутья.

5 9. Установка по п.8, отличающаяся тем, что теплообменник (35) установлен выше по потоку по меньшей мере от одного регенеративного воздухоподогревателя (14) воздушного дутья и имеет теплоподводящую сторону, питаемую холодным дутьем, и теплоотводящую сторону, соединенную с контуром теплоносителя, и контур (36) теплоносителя, соединенный с теплоподводящей стороной теплообменника в подогревающем устройстве (32).

10 10. Установка по п.7, отличающаяся тем, что в качестве теплообменника используют тепловые трубки, расположенные в подогревающем устройстве (32), а их участок испарения - на стороне холодного дутья.

11. Установка по любому из пп.7-10, отличающаяся тем, что в потоке очищенного колошникового газа между подогревающим устройством (32) и турбодетандером (20) расположено дополнительное подогревающее устройство (42).

15 12. Установка по п.9, отличающаяся тем, что в контуре (36) теплоносителя расположено нагревательное устройство (40) для подачи дополнительного тепла в подогревающее устройство (32).

20 13. Установка по п.11, отличающаяся тем, что в контуре (36) теплоносителя расположено нагревательное устройство (40) для подачи дополнительного тепла в подогревающее устройство (32).

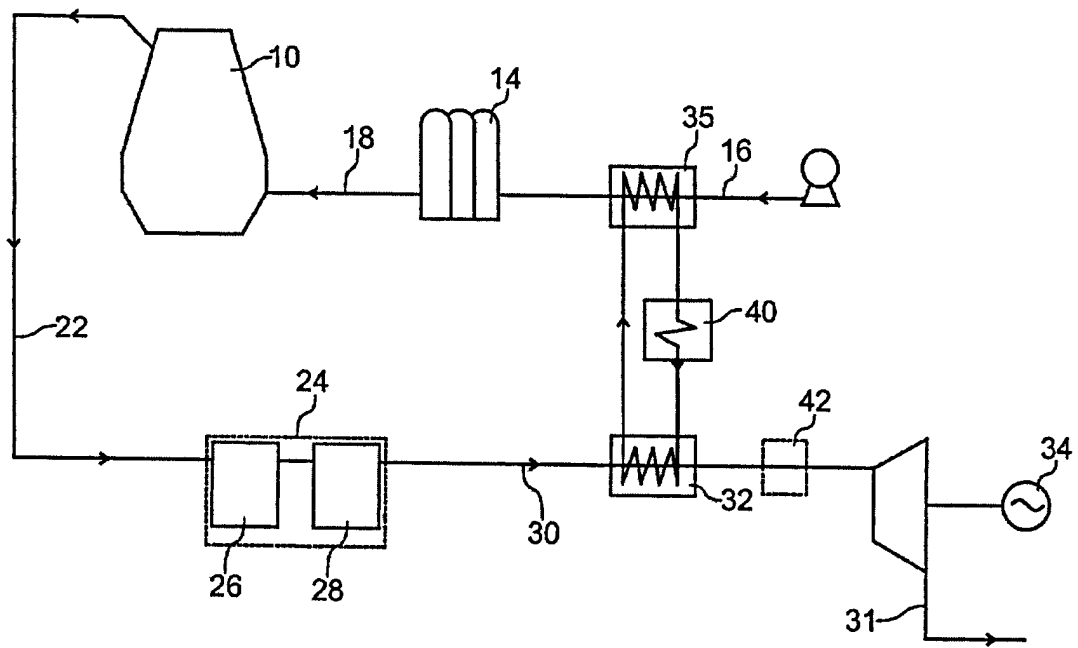
25

30

35

40

45



Фиг. 2